

## Lighting device

**Patent number:** EP1184701  
**Publication date:** 2002-03-06  
**Inventor:** BIRK HOLGER DR (DE); STORZ RAFAEL DR (DE)  
**Applicant:** LEICA MICROSYSTEMS (DE)  
**Classification:**  
- international: **G02B6/122; G02B6/255; G02B21/00; G02B21/06; G02B27/00; H01S3/00; H01S3/16; G02B6/122; G02B6/255; G02B21/00; G02B21/06; G02B27/00; H01S3/00; H01S3/16; (IPC1-7): G02B21/00; G02B6/12; G02F1/35**  
- european: **G02B6/122P; G02B6/255K; G02B21/00M4; G02B21/00M4A3; G02B21/00M4A7C; G02B21/00M4A7M; G02B21/00M4A7U; G02B21/00M4A9; G02B21/06; G02B27/00L; Y01N10/00**  
**Application number:** EP20010114437 20010615  
**Priority number(s):** DE20011015589 20010329; DE20001030013 20000617

**Also published as:**

US6611643 (B2)  
US2002009260 (A)  
JP2002082286 (A)  
DE10115589 (A1)

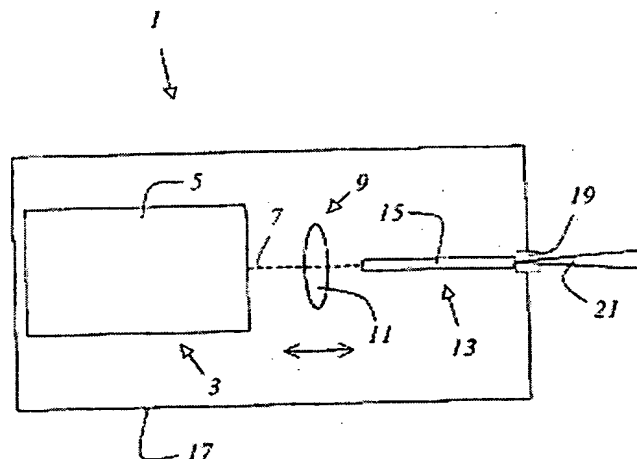
**Cited documents:**

WO0016141  
DE19702753  
XP000928530

Report a data error here

Abstract not available for EP1184701  
Abstract of corresponding document: **US2002009260**

The invention discloses an illuminating device (1) having a laser (3) that emits a light beam (7), which is directed onto a microstructured optical element (13) that spectrally broadens the light from the laser. The laser (3) and the microstructured optical element (13) are arranged within the casing.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 184 701 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
06.03.2002 Patentblatt 2002/10

(51) Int Cl.7: **G02B 21/00**, G02B 6/12,  
G02F 1/35

(21) Anmeldenummer: 01114437.5

(22) Anmeldetag: 15.06.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• Birk, Holger, Dr.  
74909 Meckesheim (DE)  
• Storz, Rafael, Dr.  
69245 Bammental (DE)

(30) Priorität: 29.03.2001 DE 10115589  
17.06.2000 DE 10030013

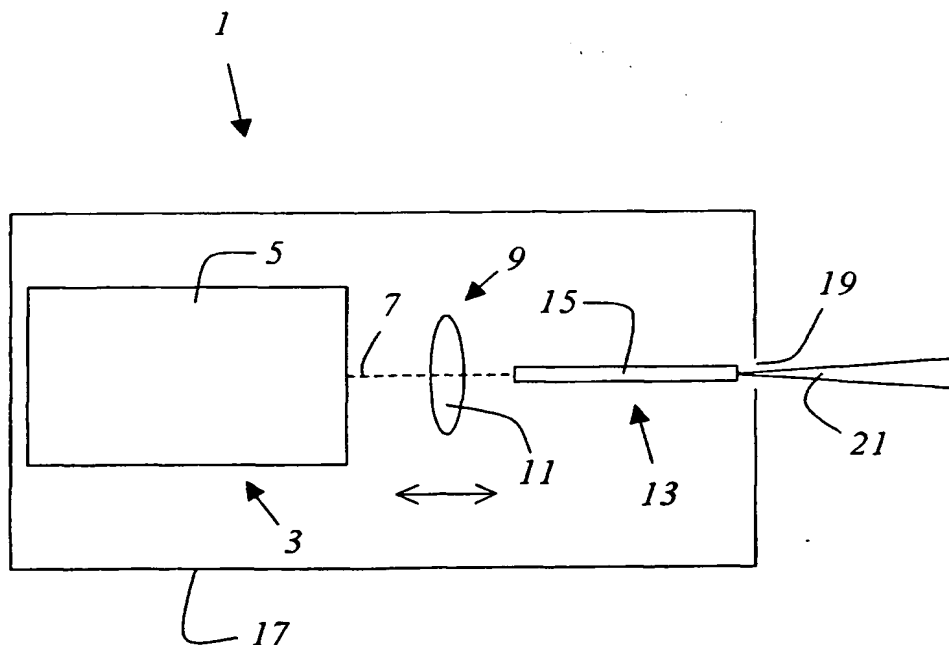
(74) Vertreter: Reichert, Werner F., Dr.  
Leica Microsystems AG, Corporate Patents +  
Trademarks Department, Ernst-Leitz-Strasse  
17-37  
35578 Wetzlar (DE)

(71) Anmelder: Leica Microsystems Heidelberg GmbH  
68165 Mannheim (DE)

### (54) Beleuchtungseinrichtung

(57) Die Erfindung offenbart eine Beleuchtungseinrichtung (1) mit einem Laser (3), der einen Lichtstrahl (7) emittiert, der auf ein mikrostrukturiertes optisches

Element (13) gerichtet ist, das das Licht des Lasers spektral verbreitert. Der Laser (3) und das mikrostrukturierte optische Element (13) sind zu einem Modul zusammengefasst.



**Fig. 1**

EP 1 184 701 A1

form der Beleuchtungseinrichtung, die eine Vorrichtung zur Variierung der Leistung des spektral verbreiterten Lichtes beinhaltet. Ganz besonders vorteilhaft ist es, hierbei die Beleuchtungseinrichtung derart auszugestalten, dass die Leistung des spektral verbreiterten Lichtes bezüglich mindestens einer auswählbaren Wellenlänge oder mindestens eines auswählbaren Wellenlängenbereichs variiert oder vollständig ausblendbar ist.

**[0017]** Als Vorrichtung zur Variierung der Leistung des spektral verbreiterten Lichtes sind vorzugsweise akustooptische oder elektrooptische Elemente, wie beispielsweise akustooptische, einstellbare Filter (acousto optical tunable filter, AOTF), einsetzbar. Ebenso sind dielektrische Filter oder Farbfilter verwendbar, die vorzugsweise kaskadiert angeordnet sind. Eine besondere Flexibilität wird dadurch erreicht, dass die Filter in Revolvern oder in Schiebefassungen angebracht sind, die ein leichtes Einbringen in den Strahlengang des spektral verbreiterten Lichtes ermöglichen.

**[0018]** In einer anderen Ausgestaltungsform ist vorgesehen, das spektral verbreiterte Licht räumlich spektral aufzuspalten, um mit einer geeigneten variablen Blendenanordnung oder Filteranordnung spektrale Anteile zu unterdrücken oder ganz auszublenden und anschließend die verbliebenen Spektralanteile wieder zu einem Strahl zu vereinigen. Zur räumlich spektralen Aufspaltung ist beispielsweise ein Prisma oder ein Gitter verwendbar.

**[0019]** Zur Variierung der Leistung des spektral verbreiterten Lichtes ist in einer weiteren Ausführungsvariante ein Fabry-Perot-Filter vorgesehen. Auch LCD-Filter sind einsetzbar.

**[0020]** Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, die direkt am Gehäuse Bedienelemente zur Einstellung der Lichtleistung und der spektralen Zusammensetzung des spektral verbreiterten Lichtes aufweist. In einer anderen Ausführungsform werden diese Parameter an einem externen Bedienpult oder an einem PC eingestellt und die Einstelldaten in Form von elektrischen Signalen an die Beleuchtungseinrichtung bzw. an die Vorrichtung zur Variierung der Leistung des spektral verbreiterten Lichtes übertragen. Besonders anschaulich ist die Einstellung über Schieber (Slider), die auf einem Display angezeigt sind und beispielsweise mit einer Computermaus bedient werden.

**[0021]** Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass die Divergenz und der Durchmesser des Lichtstrahles, der von dem Laser emittiert und auf das mikrostrukturierte optische Element gerichtet ist, erheblichen Einfluss auf die spektrale Verteilung innerhalb des spektral verbreiterten Lichtes hat. In einer besonders bevorzugten und flexiblen Ausgestaltung beinhaltet die Beleuchtungseinrichtung eine Fokussieroptik, die den Lichtstrahl des Lasers auf das mikrostrukturierte optische Element fokussiert. Besonders vorteilhaft ist eine Ausführung der Fokussieroptik als Variooptik, beispielsweise als Zoomoptik.

**[0022]** In der Beleuchtungseinrichtung ist vorzugsweise eine Vorrichtung vorgesehen, die eine Analyse des in der Wellenlänge verbreiterten Lichtes insbesondere hinsichtlich der spektralen Zusammensetzung und der Lichtleistung ermöglicht. Die Analysevorrichtung ist derart angeordnet, dass ein Teil des spektral verbreiterten Lichtes beispielsweise mit Hilfe eines Strahlteilers abgespalten und der Analysevorrichtung zugeführt wird. Die Analysevorrichtung ist vorzugsweise ein Spektrometer. Sie enthält beispielsweise ein Prisma oder ein Gitter zur räumlich spektralen Aufspaltung und ein CCD-Element oder einen Mehrkanalphotomultiplier als Detektor. In einer anderen Variante beinhaltet die Analysevorrichtung einen Multibanddetektor. Auch Halbleiterspektrometer sind verwendbar.

**[0023]** Zur Feststellung der Leistung des spektral verbreiterten Lichtes sind die Detektoren derart ausgestaltet, dass ein zur Lichtleistung proportionales elektrisches Signal erzeugt wird, das von einer Elektronik oder einem Computer auswertbar ist.

**[0024]** Ganz besonders vorteilhaft ist die Ausführungsform, die eine Anzeige für die Leistung des spektral verbreiterten Lichtes und/oder für die spektrale Zusammensetzung des spektral verbreiterten Lichtes beinhaltet. Die Anzeige ist vorzugsweise direkt an dem Gehäuse oder dem Bedienpult angebracht. In einer anderen Ausführungsform dient der Monitor eines PCs zur Anzeige der Leistung bzw. der spektralen Zusammensetzung.

**[0025]** Das mikrostrukturierte optische Element ist in einer bevorzugten Ausgestaltung des Scanmikroskops aus einer Vielzahl von mikrooptischen Strukturelementen aufgebaut, die zumindest zwei unterschiedliche optische Dichten aufweisen. Ganz besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei der das optische Element einen ersten Bereich und einen zweiten Bereich beinhaltet, wobei der erste Bereich eine homogene Struktur aufweist und in dem zweiten Bereich eine mikroskopische Struktur aus mikrooptischen Strukturelementen gebildet ist. Von Vorteil ist es außerdem, wenn der erste Bereich den zweiten Bereich umschließt. Die mikrooptischen Strukturelemente sind vorzugsweise Kanülen, Stege, Waben, Röhren oder Hohlräume.

**[0026]** Das mikrostrukturierte optische Element besteht in einer anderen Ausgestaltung aus nebeneinander angeordnetem Glas- oder Kunststoffmaterial und Hohlräumen. Besonders zu bevorzugen ist die Ausführungsvariante, bei der das mikrostrukturierte optische Element aus Photonic-Band-Gap-Material besteht und als Lichtleitfaser ausgestaltet ist, wobei vorzugsweise eine optische Diode zwischen dem Laser und der Lichtleitfaser vorgesehen ist, die eine Rückreflexion des Lichtstrahles des Lasers, die von den Enden der Lichtleitfaser herrührt, unterdrückt.

**[0027]** Eine ganz besonders bevorzugte und einfach zu realisierende Ausführungsvariante beinhaltet als mikrostrukturiertes optisches Element eine herkömmliche Lichtleitfaser mit einem Faserkerndurchmesser von ca.

gangsleistung des Lasers 3 über den Computer vorgesehen. Der Benutzer nimmt Einstellungen mit Hilfe der Computermouse 65 vor. Auf dem Monitor 61 ist ein Slider 71 dargestellt, der zur Einstellung der Gesamtleistung des spektral veränderten Lichtes 21 dient. Durch anklicken des Graphen 47 bei gleichzeitigem Verschieben der Computermouse 65 wird ein gestrichelter Graph 73 erzeugt, der entsprechend der Bewegung der Computermouse 65 verformbar ist. Im Augenblick eines erneuten Klickens mit der Computermouse 65 wird über den Computer 63 die Vorrichtung zur Variierung der Leistung 67 derart angesteuert, daß sich die mit dem gestrichelten Graphen 73 vorgewählte spektrale Zusammensetzung ergibt.

**[0034]** Fig. 5 zeigt eine Beleuchtungseinrichtung wie in Fig. 1, die zusätzlich eine Anzeige 75 für die Leistung des spektral verbreiterten Lichtes 21 beinhaltet, die als reine Zahlendarstellungsanzeige ausgeführt ist. Mit dem Strahlteiler 31 wird ein Teilstrahl 33 von dem spektral verbreiterten Licht 21 abgespalten und auf einen Photomultiplier 77 gelenkt, der ein zur Leistung des auftreffenden Teilstrahles 33 proportionales elektrisches Signal erzeugt. Dieses wird in der Verarbeitungseinheit 79 aufbereitet und an die Anzeige 75 übermittelt.

**[0035]** Fig. 6 zeigt eine Ausführung des mikrostrukturierten optischen Elements 13. Dieses besteht aus Photonic-Band-Gap-Material, die eine besondere wabenförmige Mikrostruktur 81 aufweist. Die gezeigte Wabenstruktur ist für die Generierung von breitbandigem Licht besonders geeignet. Der Durchmesser der Glasinnenkanüle 83 beträgt ca. 1,9 µm. Die innere Kanüle 83 ist von Glassteegen 85 umgeben. Die Glasstege 85 formen wabenförmige Hohlräume 87. Diese mikrooptischen Strukturelemente bilden gemeinsam einen zweiten Bereich 89, der von einem ersten Bereich 91, der Glasmantel ausgeführt ist, umgeben ist.

**[0036]** Fig. 7 zeigt schematisch ein konfokales Scanmikroskop 93. Der von der Beleuchtungseinrichtung 1 kommende Lichtstrahl 25 wird von einem Strahlteiler 95 zum Scanmodul 97 reflektiert, das einen kardanis aufhängten Scanspiegel 99 beinhaltet, der den Lichtstrahl 25 durch die Mikroskopoptik 101 hindurch über bzw. durch das Präparat 103 führt. Der Lichtstrahl 25 wird bei nicht transparenten Präparaten 103 über die Objektoberfläche geführt. Bei biologischen Präparaten 103 oder transparenten Präparaten 103 kann der Lichtstrahl 25 auch durch das Präparat 103 geführt werden. Dies bedeutet, daß aus verschiedenen Fokusebenen des Präparats 103 nacheinander durch den Lichtstrahl 25 abgetastet werden. Die nachträgliche Zusammensetzung ergibt dann ein dreidimensionales Bild des Präparates. Der von der Beleuchtungseinrichtung 1 kommende Lichtstrahl 25 ist in der Abbildung als durchgezogene Linie dargestellt. Das vom Präparat 103 ausgehende Licht 105 gelangt durch die Mikroskopoptik 101 und über das Scanmodul 97 zum Strahlteiler 95, passiert diesen und trifft auf Detektor 107, der als Photomultiplier ausgeführt ist. Das vom Präparat 103 ausge-

de Licht 105 ist als gestrichelte Linie dargestellt. Im Detektor 107 werden elektrische, zur Leistung des vom Präparat 103 ausgehenden Lichtes 105 proportionale Detektionssignale erzeugt und weiterverarbeitet. Das bei einem konfokalen Scanmikroskop üblicherweise vorgesehene Beleuchtungspinhole 109 und das Detektionspinhole 111 sind der Vollständigkeit halber schematisch eingezeichnet. Weggelassen sind wegen der besseren Anschaulichkeit hingegen einige optische Elemente zur Führung und Formung der Lichtstrahlen. Diese sind einem auf diesem Gebiet tätigen Fachmann hinlänglich bekannt.

**[0037]** Fig. 8 zeigt schematisch eine Ausführung des mikrostrukturierten optischen Elements 13. In dieser Ausführung besteht das mikrostrukturierte optische Element 13 aus einer herkömmlichen Lichtleitfaser 113 mit einem Außendurchmesser von 125 µm und einem Faserkern 115, der einen Durchmesser von 6 µm aufweist. Im Bereich einer 300 mm langen Verjüngung 117 ist der Aussendurchmesser der Lichtleitfaser 113 auf 1,8 µm reduziert. In diesem Bereich beträgt der Durchmesser des Faserkerns 115 nur noch Bruchteile von Mikrometern.

**[0038]** Die Erfindung wurde in Bezug auf eine besondere Ausführungsform beschrieben. Es ist jedoch selbstverständlich, daß Änderungen und Abwandlungen durchgeführt werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

#### Bezugszeichenliste:

##### [0039]

|    |    |                                       |
|----|----|---------------------------------------|
| 35 | 1  | Beleuchtungseinrichtung               |
|    | 3  | Laser                                 |
|    | 5  | Ti:Saphir-Laser                       |
|    | 7  | Lichtstrahl                           |
|    | 9  | Fokussieroptik                        |
| 40 | 11 | Zoomoptik                             |
|    | 13 | mikrostrukturiertes optisches Element |
|    | 15 | Kristall                              |
|    | 17 | Gehäuse                               |
|    | 19 | Lichtaustrittsöffnung                 |
| 45 | 21 | spektral verbreitertes Licht          |
|    | 23 | Optik                                 |
|    | 25 | spektral verbreiteter Lichtstrahl     |
|    | 27 | Lichtleitfaser                        |
|    | 29 | Optik                                 |
| 50 | 31 | Strahlteiler                          |
|    | 33 | Teillichtstrahl                       |
|    | 35 | Analysevorrichtung                    |
|    | 37 | Prisma                                |
|    | 39 | Lichtbündel                           |
| 55 | 41 | Photodiodenzeile                      |
|    | 43 | Verarbeitungseinheit                  |
|    | 44 | Anzeige                               |
|    | 45 | LCD-Display                           |

**dadurch gekennzeichnet, dass** das mikrostrukturierte optische Element (13) einen ersten Bereich (91) und einen zweiten Bereich (89) beinhaltet, wobei der erste Bereich (91) eine homogene Struktur aufweist und in dem zweiten Bereich (89) eine Mikrostruktur (81) aus mikrooptischen Strukturelementen gebildet ist.

5

14. Beleuchtungseinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mikrostrukturierte optische Element (13) aus nebeneinander angeordnetem Glas- oder Kunststoffmaterial und Hohlräumen (87) besteht.

10

15. Beleuchtungseinrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mikrostrukturierte optische Element aus Photonic-Band-Gap-Material besteht.

15

16. Beleuchtungseinrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mikrostrukturierte optische Element als Lichtleitfaser (27, 57) ausgestaltet ist.

20

17. Beleuchtungseinrichtung (1) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtleitfaser (27, 57) eine Verjüngung (59) aufweist.

25

18. Beleuchtungseinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungseinrichtung (1) in einem Mikroskop oder in einem konfokalen Scanmikroskop (93) zur Beleuchtung eines Präparats (103) verwendbar ist.

30

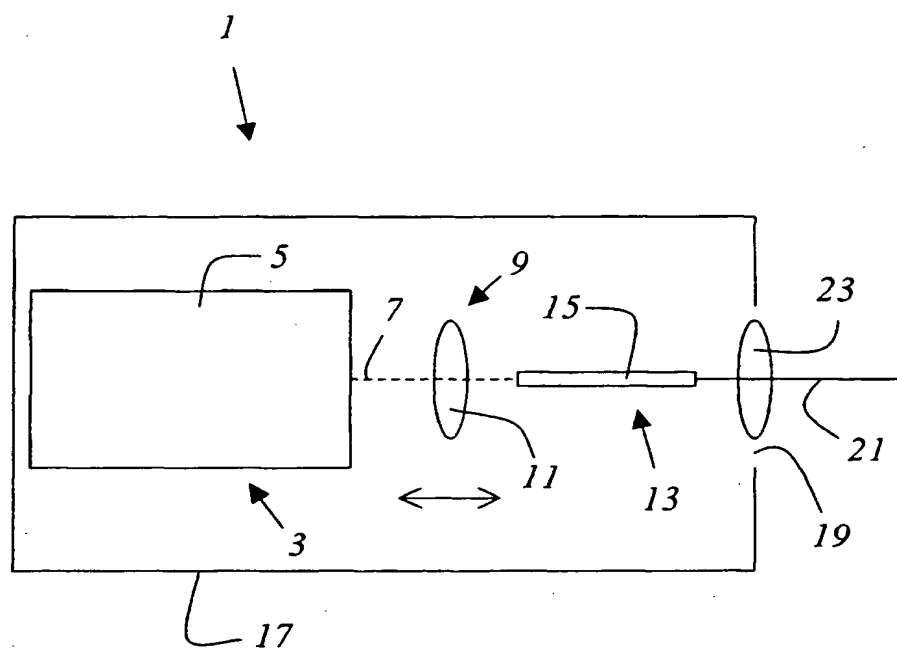
35

40

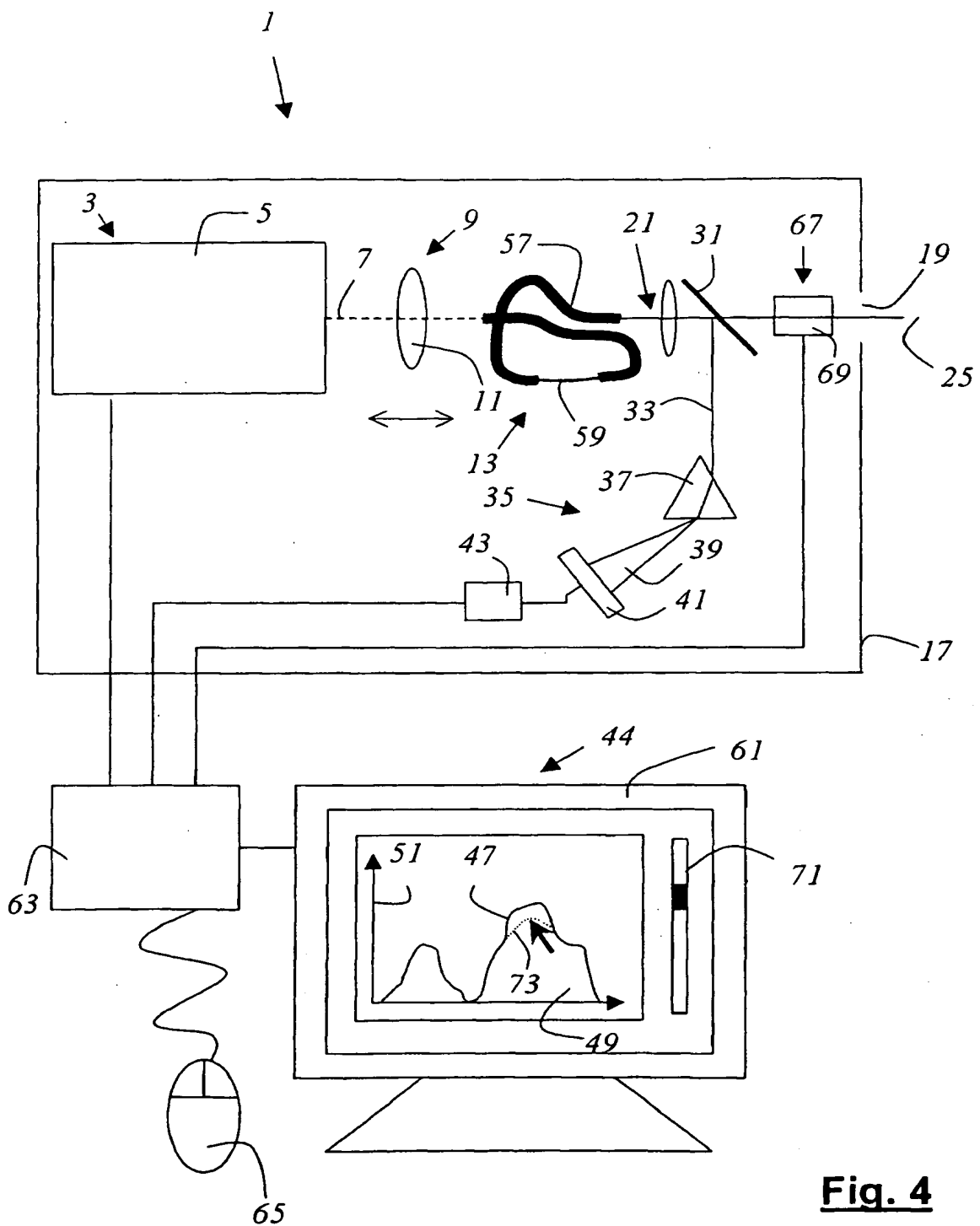
45

50

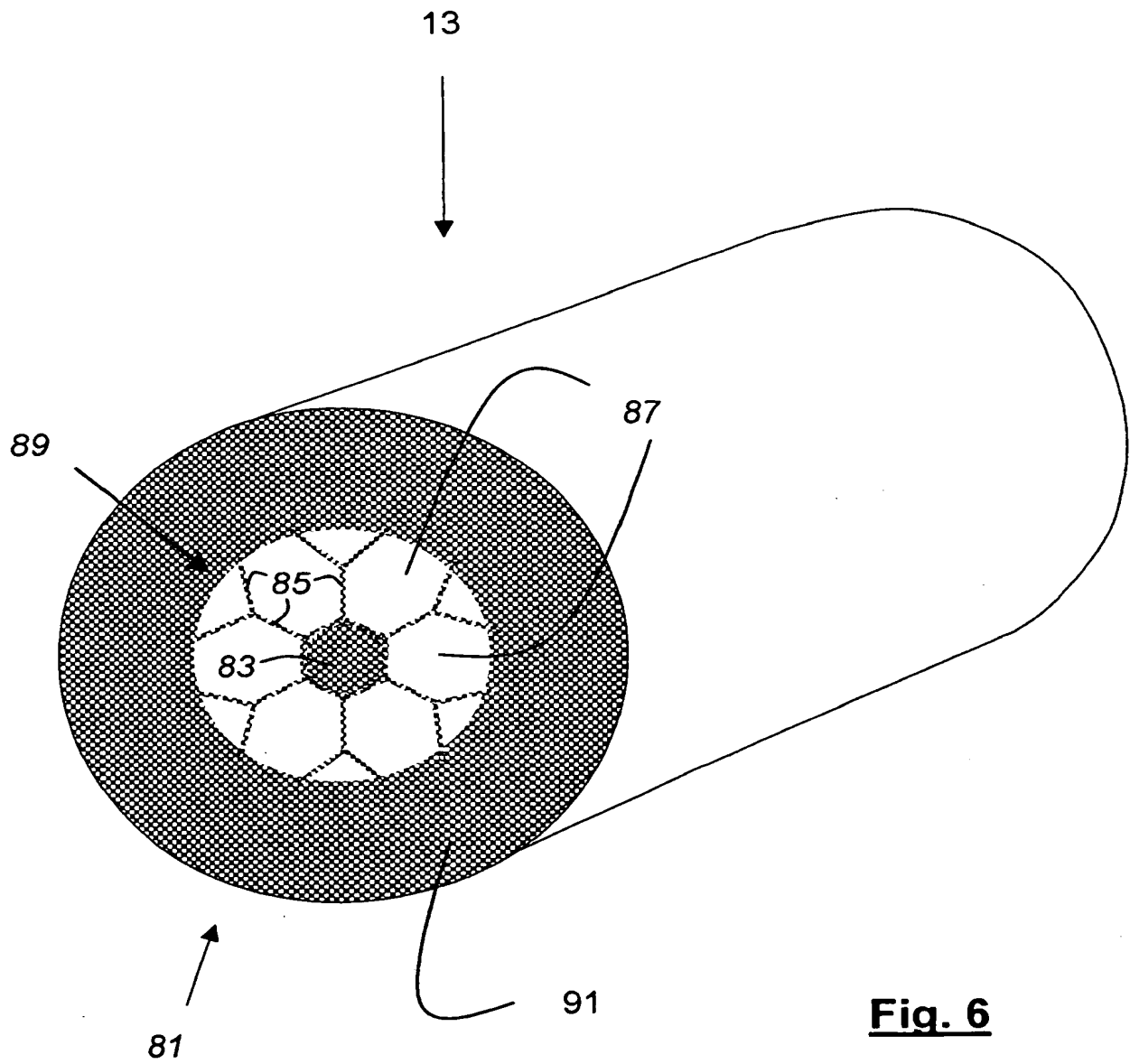
55



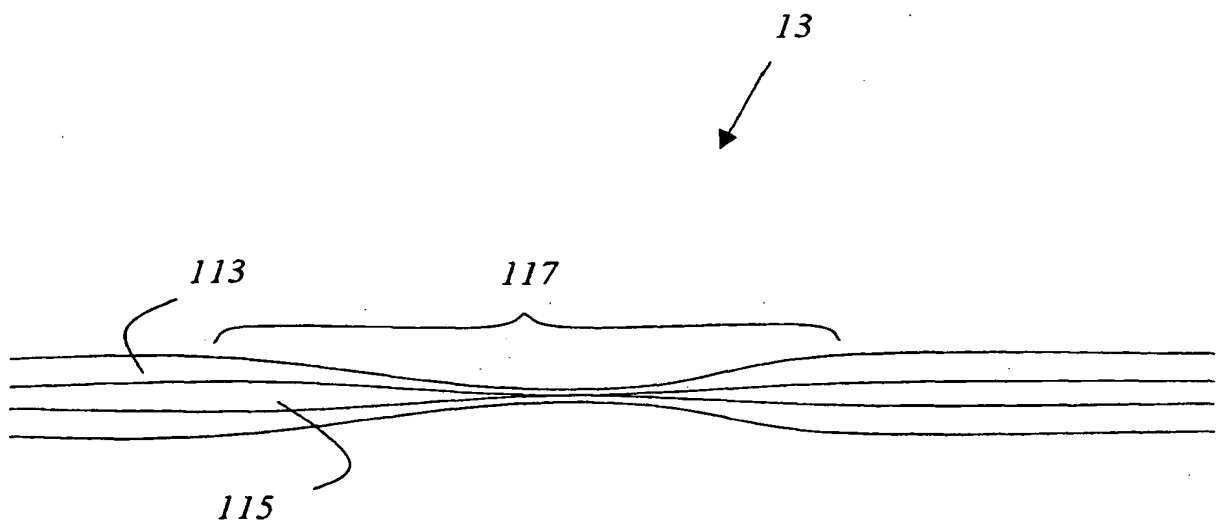
**Fig. 2**



**Fig. 4**







**Fig. 8**

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 11 4437

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-12-2001

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patendokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |             | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------------------|
| WO 0016141  | A | 23-03-2000                    | AU                                | 5772699 A   | 03-04-2000                    |
|   |   |                               | BR                                | 9913724 A   | 29-05-2001                    |
|   |   |                               | CN                                | 1317099 T   | 10-10-2001                    |
|   |   |                               | EP                                | 1121615 A1  | 08-08-2001                    |
|   |   |                               | WO                                | 0016141 A1  | 23-03-2000                    |
| DE 19702753                                       | A | 30-07-1998                    | DE                                | 19702753 A1 | 30-07-1998                    |
|   |   |                               | US                                | 6167173 A   | 26-12-2000                    |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**